

发电机纵差保护 CT二次断线判别原理的分析和改进

李德佳¹, 吉晓宏²

(1. 核电秦山联营有限公司, 浙江 海盐 314300; 2 煤炭工业西安设计研究院电力所, 陕西 西安 710054)

摘要: 通过一起发电机纵差保护 CT二次断线的实例分析, 对国内微机型发电机纵差保护 CT二次断线的原理进行了比较, 提出了实用的 CT二次断线判据。

关键词: 纵差保护; CT二次断线; 发电机

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2005)12-0072-03

0 引言

由于发电机纵差保护的動作电流较小, 任一側 CT二次断线必然引起保护动作跳闸, 同时还可能引发很高的二次过电压 (因为 di/dt 非常大), 有时甚至造成火灾, 后果十分严重。因此, CT二次断线导致的纵差保护动作, 跳闸停机被认为是合理的, 因为有利于发电机组和电厂的安全运行^[1]。这样 CT二次断线时, 就不闭锁纵差保护而只发信号。从运行的角度来讲, CT二次断线时能正确地发信号, 对故障的及时处理将大有好处。本文对一起 CT二次断线的实例进行了详细的分析, 对四种 CT二次断线的判别原理进行了比较, 并探讨了其它判别原理的可行性。

1 CT二次断线的特点

CT二次断线应考虑:

1) 单相、两相、三相完全和不完全断线及中性线完全断线;

2) 断线发生的时间是运行前还是运行中;

3) 断线发生时负荷大小对判据的影响。

单相、两相、三相完全断线的特点: 电流突然下降, 断线相基本无电流流入保护装置。

单相、两相、三相不完全断线的特点: 电流的下降有个过渡过程, 且故障支路仍有部分电流流入保护装置。

中性线完全断线的特点: 由于正常运行时, CT中性线上的电流基本为零, 故其断线时, 流入保护装置的电流不发生变化。

许多发电机纵差保护装置对 CT故障大多仅考虑了 CT单相和两相完全断线, 实际运行中 CT内部不完全断线、二次端子排处接线接触不良以及相间和相对地击穿、爬电故障占绝大多数。因为, 当 CT

二次发生接触不良时, 则在接触不良点处将产生高电压而放电拉弧, 从而将更加导致接触不良的恶性循环。同时将烧坏设备, 因此保护应能反映这种故障。

2 几种不同的 CT二次断线判据

2.1 判据 1

1) 电流突变后, 电流减小 $0.1 I_n$ 且本侧三相中一相无电流, 其它各侧三相电流无变化。

2) 本侧三相中一相无电流, 其它两相电流与启动前相同。

满足上述两个条件时, 认为发生 CT二次断线。

2.2 判据 2

当任一相差动电流大于 $0.15 I_n$ 时, 启动 CT断线判别程序, 满足下列条件认为 CT断线:

1) 本侧三相电流中至少一相电流为零;

2) 本侧三相电流中至少一相电流不变;

3) 最大相电流小于 1.2 倍的额定电流。

2.3 判据 3

该判据具有延时 CT断线报警及瞬时 CT断线闭锁或报警功能, 其动作判据如下:

1) 延时 CT断线报警在保护每个采样周期内进行判别, 在任一相差电流大于 $0.06 I_n$ 的时间超过 10 s 时, 发出 CT断线报警信号, 此时不闭锁纵差保护, 这也兼起保护装置交流采样回路的自检作用。

2) 瞬时 CT断线闭锁或报警功能在比率差动元件动作后进行判别。某侧电流同时满足下列条件则认为是 CT断线: 一侧负序电流大于 $0.1 I_n$, 另一侧负序电流小于 $0.06 I_n$; 负序电流大于 $0.1 I_n$ 侧的最小相电流, 远小于最大相电流。

3) 为防止瞬时 CT断线的误闭锁, 满足下述任一条件可不进行瞬时 CT断线的判别: 启动前各

侧最大相电流小于 $0.08 I_n$; 启动后最大相电流大于对称过负荷报警定值; 启动后电流比启动前增加。

2.4 判据 4

其动作判据为:

- 1) $|i_p| > 0.1 I_n$ 且 $|I_{H1}| < |I_{H2}|$;
- 2) 相电流 I_{W1} 且 $I_{W2} > I_{W1}$;
- 3) 本侧 $|I_a + I_b + I_c| > I_{W1}$;
- 4) $\max(I_{da}, I_{db}, I_{dc}) > 0.33 I_{cd}$

其中: i_p 为相电流突变量; I_{da}, I_{db}, I_{dc} 为 A、B、C 三相差流值; I_{cd} 为纵差保护定值; I_n 为额定电流; I_{H1} 为前一次测量电流; I_{H2} 为当前测量电流; I_b 为无流相的差动电流; I_{W1} 为无电流门槛值,取 0.04 倍的 CT 额定电流。

以上条件同时满足判 CT 断线,仅条件 4) 满足,判为差流越限。

发生 CT 二次断线时,如不采取任何措施,当负荷电流大于纵差保护的启动定值时,纵差保护必然会动作。

3 一起现场故障的分析

3.1 现场情况简介

某电厂的发电机 CT 型号为:LRZ(B)3-20,环氧树脂浇注,套管式,线圈 B 级绝缘, 2.5 mm^2 漆包线绕制而成,额定电压 20 kV ,额定变比 $25000/5$,准确级 5P20,纵差保护最小动作电流的整定值为 0.83 A 。2002 年 12 月 27 日,机组满功率 650 MW 运行,12 时 54 分 59 秒,发电机 C 相纵差保护 (1) 动作,出口开关跳闸,解列停机。纵差保护采用了判据 1,故障时保护未发 CT 断线信号,给事故处理带来了不便。

故障的原因:解体中性点侧 C 相的 CT 后发现,从 S2 端子往里约 100 mm 的地方,线圈在引出线段被弯曲成了一直径约 10 mm 的半圆,在半圆中间,即应力集中点(非焊接点)发生了不完全断线,断线处似接非接,并发生了放电现象,放电处环氧树脂严重碳化,包括断线点的 C 相 CT 的直阻竟高达 26.1Ω ,跨过断线点后,测得线圈直阻为 3.5Ω 。

3.2 录波数据分析

纵差保护动作时的微机保护录波图见图 1。图 1 的通道说明:第 1、2、3、4、5、6 通道分别为机端和中性点侧的 A、B、C 相电流(分别以 $I_{SA}, I_{SB}, I_{SC}, I_{NA}, I_{NB}, I_{NC}$ 表示)。纵差保护接线方式为以两侧流入发电机为正方向。

由图 1 可见,在跳闸前的一个周波电流数值为:

$$\begin{aligned} I_{SA} &= 3.8 \quad 35.4^\circ; & I_{SB} &= 3.88 \quad 155.6^\circ; \\ I_{SC} &= 3.87 \quad -82.7^\circ; & I_{NA} &= 3.8 \quad -144^\circ; \\ I_{NB} &= 3.71 \quad -20.5^\circ; & I_{NC} &= 3.8 \quad 86.4^\circ \end{aligned}$$

通过计算得各相的相角差: $\alpha_A = 35.4^\circ - (-144^\circ) = 179.8^\circ$; $\alpha_B = 155.6^\circ - (-20.5^\circ) = 176.1^\circ$; $\alpha_C = (-82.7^\circ) - 86.4^\circ = -169.1^\circ$

断线的 C 相产生的角误差为 $180^\circ - 169.1^\circ = 10.9^\circ$ 。

断线(中性点)侧的负序电流: 0.283 A 。

断线(中性点)侧的 $3I_0$ 电流: 0.7 A 。

断线的 C 相二次谐波含量:断线前为 0% ,断线后为 2.87% 。

由图 2 的纵差保护制动特性可见,此次 CT 断线是由轻到重逐渐发展的,最终导致保护跳闸。故障相电流无很大突变 ($|i_p| > 0.1 I_n$)。由图 3 差电流和 CT 断线侧的零序电流波形可见,电流是不稳定的,说明断线处产生了弧光放电现象,这一点已由故障的 CT 解体所证明。

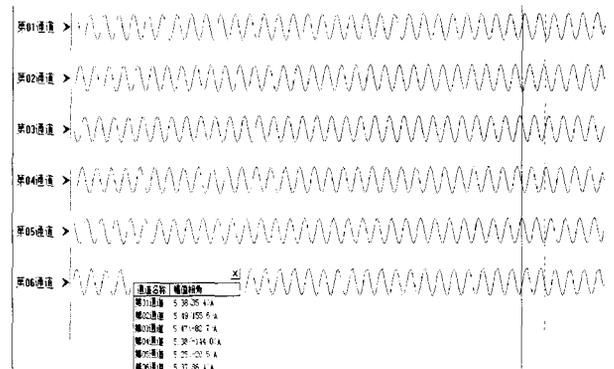


图 1 发电机纵差保护录波图

Fig 1 Record wave of generator differential protection

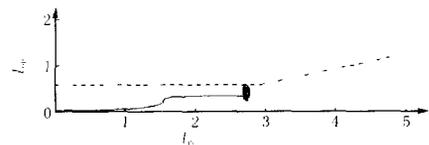


图 2 发电机纵差保护制动特性

Fig 2 Restrained characteristics of generator differential protection

4 四种 CT 断线判据的比较

根据上述录波数据分析,对 4 种国内常用的 CT 断线判据进行了对比。由表 1 可见,4 种判据中都不能检测该种断线故障。同时,对于三相及中性线完全断线故障也无能为力。从实际工程方面来考

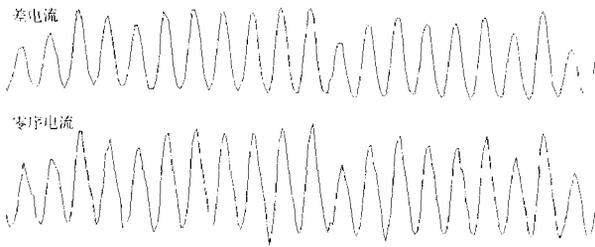


图3 差电流和CT断线侧的零序电流

Fig 3 Difference current and zero-sequence current of CT break

虑,三相同时断线的几率不高,可不考虑。机组在正常运行对于CT中性线发生断线故障时,由于系统三相对称运行,CT中性线中没有电流通过,因此不会立即对运行有影响。当发生系统接地、一点区内接地另一点区外接地等故障时,将导致CT的半开路运行,将威胁设备的安全运行。鉴于目前无更好的检测办法,建议采用以下两种方法:尽量减少中性线回路的电流试验端子,加强日常的维护和检查;当发生区外故障时,通过检测零序电流的方法来解决。

表1 四种CT断线判据的比较

项目	单相、两相完全断线	单相、两相不完全断线(包括本次故障)	三相完全断线	中性线完全断线
判据1	只能判别单相断线	不能判别	不能判别	不能判别
判据2	能判别	不能判别	不能判别	不能判别
判据3	能判别	不能判别	不能判别	不能判别
判据4	能判别	不能判别	不能判别	不能判别

5 实用的CT二次断线判据

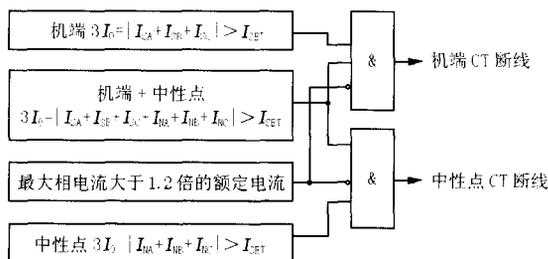


图4 实用的CT断线框图

Fig 4 Block diagram of CT breakage

利用当CT发生单相、两相完全和不完全断线时,一定会产生零序电流的特点。由图4可见,当每侧CT的零序电流与两侧CT的零序电流和都大于整定值时,将判为CT断线。这种方案的优点是:可

判断单相、两相完全和不完全断线,可判别断线侧,对故障的处理有很大好处。对于故障相别的判断,可由纵差保护动作相别的报警信号加以判别。为防止区内相间故障时,非故障相的负荷电流导致CT断线误发信号,因此,本方案采用了两侧CT的零序电流和与断线侧零序电流相与的逻辑,因为在区内相间故障时,前者不会超过整定值。发电机纵差保护在一点区内、一点区外的两相接地故障下,CT会产生零序电流,利用最大相电流大于1.2倍的额定电流闭锁断线判据以防止CT断线误发信号。

零序电流的定值选取原则为躲过发电机机端三相短路时的最大不平衡零序电流。实际工程中可选择为差动最小动作电流的一半。

由于发电机纵差保护最小动作电流的整定值为0.83A,其CT断线的零序电流整定值可选择为0.415A。因为断线(中性点)侧的 $3I_0$ 电流为0.7A,从而证明该方案可反映此次的事故,也可正确地判别故障侧。

6 结束语

实用的CT二次断线判据,虽然可反映单相、两相完全和不完全断线,但这种方案对于三相、中性线完全断线也无能为力。因此,在发电机纵差保护的调试和维护时,应做好防止CT二次断线的工作,以防为主。当发生由于CT二次断线而导致的纵差保护动作,应根据断线信号及纵差保护的相别的报警信号,同时应对保护及故障录波器的录波图进行分析,准确判断断线侧和断线相别,这样对故障的迅速处理将起到很大作用。

参考文献:

- [1] 唐芳轩. 电流互感器故障使发电机差动保护动作分析[J]. 继电器, 2004, 32(1): 16-19.
TANG Fang-xuan Analysis on the Operation of Generator Differential Protection Caused by the Current Transformer Fault[J]. Relay, 2004, 32(1): 16-19.

收稿日期: 2004-09-23; 修回日期: 2004-12-05

作者简介:

李德佳(1964-),男,高级工程师,主要从事继电保护的调试和运行; Email: lidj@npqjvc.cn

吉晓宏(1971-),男,工程师,主要从事电力系统及其自动化设计工作。

(下转第81页 continued on page 81)

个方面采取对策:

1)在订购设备时,应在技术协议书中注明装置是用在大电流接地系统还是小电流接地系统中,以保证设备生产厂家在供货时提供符合现场实际运行所需要的软件程序。

2)在投产前,应通过对零序反闭锁功能的试验来进一步确认厂家所提供的软件程序满足系统要求。

4 结束语

尽管微机保护装置大多采用自产 $3U_0$,很少需要接入外加 $3U_0$,但也不能因此而轻视对开口三角回路的检查。前面所介绍的两起事故说明,这是保证保护及自动装置正确动作的一个不可缺少的重要环节,它不仅包括对端子螺丝松紧度的检查,还需要利用系统电压检验回路的接线正确性。

另外,在设备订货时,大家对保护装置程序版本的要求也可能不会引起重视,设备生产厂家在装置的使用说明书中也不一定对此类特殊情况做出专门解释,这样就有可能在运行过程当中出现疏漏。所

以,在技术协议书中加以注明的同时,充分利用试验手段对保护装置作认真的功能性检验,也是防止事故的必要措施之一。

参考文献:

- [1] 刘万顺. 电力系统故障分析 [M]. 北京:水利电力出版社,1986
L U Wan-shun Malfunction Analysis of Electric Power System [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1986
- [2] 牛维扬. 电机学 [M]. 北京:中国电力出版社,1998
N U Wei-yang Electromechanics [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998

收稿日期: 2004-09-23; 修回日期: 2004-10-21

作者简介:

马永才(1957-),男,高级技师,大专,从事继电保护技术管理工作;

孙昕(1973-),男,助理工程师,本科,从事继电保护技术管理工作。E-mail: sun-xin@qz zpepc.com.cn

Analysis and measures against the abnormal operation of zero sequence sectionalizing equipment

MA Yong-cai, SUN Xin

(Quzhou Electric Power Bureau, Quzhou 324002, China)

Abstract: Through analysis and illustration of several abnormal operation of zero sequence sectionalizing equipment, this paper gives the countermeasures. It provides reference for preventing the same accidents.

Key words: sectionalization; abnormal; analysis; reference

(上接第 31 页 continued from page 31)

Abstract: The paper takes the 20Hz AC source as an example. Under different modes of neutral point ground, considering the rejection mode of outside source from neutral point, the influence of outside sources on the current criterion is analyzed. And the influence that leakage reactance of transformer and leakage induction of extinction coil on the admittance criterions is detailed and its measurement errors are analysed.

Key words: outside sources; inherent resistance; stator; ground-fault protection

(上接第 74 页 continued from page 74)

Analysis and improvement of CT secondary breakage criterion in generator differential protection

L I De-jia¹, J I Xiao-hong²

(1. Qinshan Nuclear Power Joint Venture Co., Ltd, Haiyan 314300, China;

2. Electric Power Branch, Xi'an Design Research Institute of Coal Industry, Xi'an 710054, China)

Abstract: Through the analysis of CT secondary break in generator differential protection, this paper studies the principles of CT secondary breakage of the domestic microcomputer-based generator differential protection. And practical CT secondary breakage criterion is concluded.

Key words: differential protection; CT secondary breakage; generator